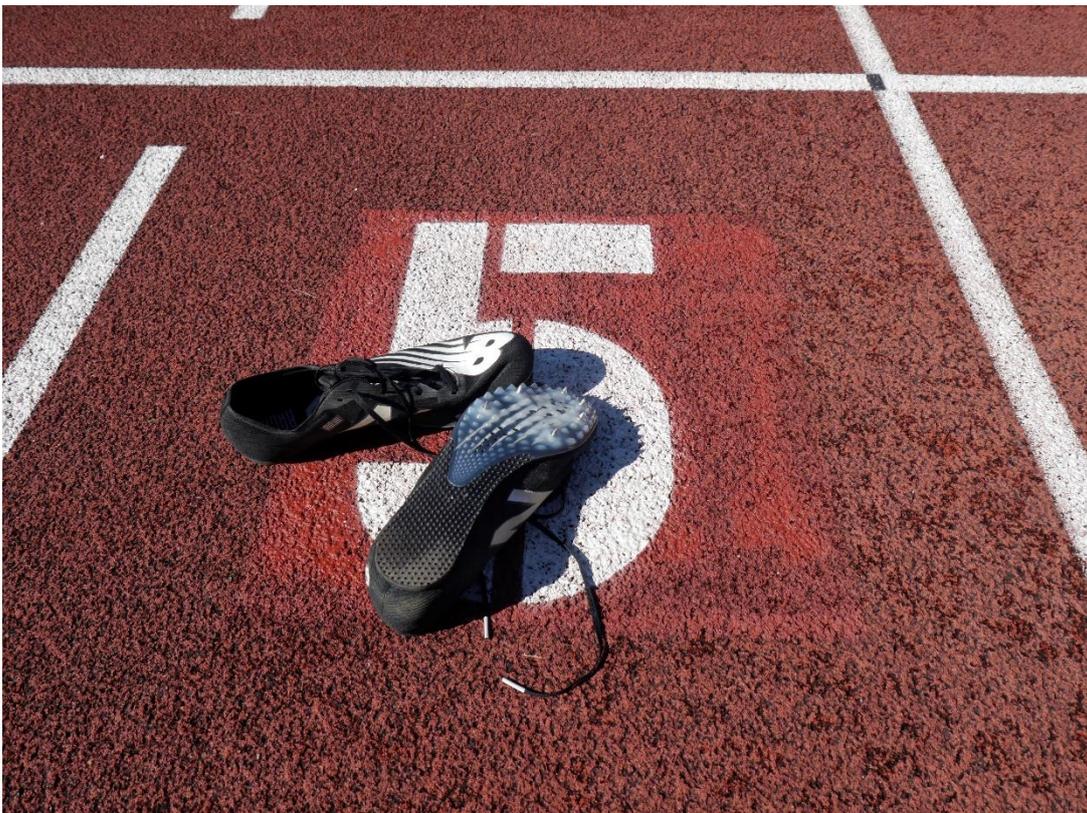


Über die Effektivität von Nagelschuhen im hobbymässigen Sprint über 200 Meter

Lasse Räuftlin; Jg. 2003



Kantonsschule Uster

Projekt Messen körperlicher Aktivität

Betreuer: J. Steiner & S. Suter

Inhalt

1. Abstract.....	1
2. Einleitung	1
3. Theorie	2
4. Vorgehen, Methoden, Versuchsaufbau.....	4
5. Ergebnisse	5
6. Interpretation und Diskussion	7
7. Zusammenfassung	9
8. Eigenständigkeitserklärung.....	10
9. Danksagung.....	11
10. Quellenverzeichnis	11
11. Abbildungsverzeichnis.....	11
12. Anhang.....	12

Abbildung 1 (Titelbild): Ein Paar Nagelschuhe auf Tartanfläche

1. Abstract

Leichtathleten tragen Nagelschuhe. Warum? Weil sie auf Vorteile hoffen, wie auf diejenigen der erhöhten Rutschfestigkeit. Aber wie viel bringen Nagelschuhe im Hobbysport? Um das herauszufinden werden Sprints von 200 Metern Länge durchgeführt. Die eine Hälfte der Sprints mit Nagelschuhen, die andere Hälfte mit normalen Laufschuhen. Durchschnittlich sind die Läufe mit Nagelschuhen schneller verlaufen als diejenigen ohne. Die Ergebnisse sind aber weder konstant, noch ergibt sich eine klare Abhängigkeit der Differenz von der benötigten Zeit. Eine eindeutige Beantwortung der Frage, wie sich die Sprintgeschwindigkeit bei der Benützung von Nagelschuhen im Vergleich zu normalen Laufschuhen ändert, kann also nicht gegeben werden.

2. Einleitung

Wer die Leichtathletik-Meisterschaften verfolgt, ab und zu einen Zeitungsartikel über die lokalen Jugendsporttage und Turnfeste liest, oder auch nur Abends auf dem Sportplatz neben den omnipräsenten Fussballern auch die anderen Sportler inspiziert, weiss: Leichtathleten tragen bei fast allen Disziplinen keine Schuhe wie sie der Durchschnittsjogger für seine Runde durch den nächstgelegenen Wald trägt, sondern solche, deren Eigenschaften sie von vielen anderen Schuhen unterscheiden.

Sogenannte Nagelschuhe auch Spikes genannt, zu tragen, wird zwar vom Leichtathletikverband nicht vorgeschrieben, (IAAF, 2019), trotzdem gibt es an der Weltspitze nur sehr selten Athleten, die ohne dieses Schuhwerk an die Startlinie gehen. Und eigentlich nie gibt es Talente, die nicht mit zwei Nagelschuhen an den Füßen einen Sieg davontragen. Eine Ausnahme bildet Spitzenläufer Conseslus Kipruto, der in der Diamond League 2018 in Zürich bereits in der zweiten Runde des drei Kilometer langen Hindernislaufs, auch als Steeple bekannt, seinen linken Schuh verlor, am Ende jedoch trotz dieses Vorfalls einen spektakulären Sieg davontrug (srfSport, 2018). Aber auch er ging mit Spikes an den Start.

Weshalb aber tragen alle Spitzenathleten und ihrem Beispiel folgend auch die Junioren und Hobbyathleten Spikes? Die naheliegende Antwort wäre, dass sie sich damit erhoffen, einen Vorteil zu erhaschen, und dies ihnen möglicherweise auch gelingt, zumal es sehr unwahrscheinlich ist, dass so viele Personen nur speziellen Gefallen an extraordinärem Schuhwerk finden. Diese dahingestellte Vermutung soll hier am Sprint über 200m im Breitensport überprüft werden. Wie beeinflussen Nagelschuhe die Sprintzeit von Hobbyleichtathleten über 200m?

3. Theorie

Um diese Frage beantworten können, muss erst einmal bekannt sein, was denn einen Nagelschuh überhaupt vom normalen Laufschuh unterscheidet.



Abbildung 2: Nagelschuhe (Links) zusammen mit Laufschuhen

Nagelschuhe sind extra für die Leichtathletik produzierte Schuhe, die nur auf weichen Böden wie Sand, Wiese oder Tartan getragen werden. Im Alltag und auch in anderen Sportarten sind sie also komplett unnützlich, denn sie sollen nicht auf Asphalt benutzt werden.

Das wichtigste Element, das Spikes von normalen Schuhen unterscheidet, sind die an der Sohle in Fassungen eingeschraubten Nägel, auch Dornen genannt.



Abbildung 3: Ein Nagelschuh mit drei herausgeschraubten Dornen

Die Nägel erklären sowohl die Herkunft des Namens als auch, weshalb sie nicht ebenfalls für Strassenläufe eingesetzt werden. Der Asphalt der Strasse ist schlicht zu hart und zu glatt. Wer mit Spikes an den Füßen spazieren geht, riskiert ein starkes Abstumpfen der Nägel und wird den einen oder anderen Funken zu sehen kriegen. Im Gegensatz dazu stehen Untergründe wie Sand, Wiese und Tartan, die so weich und aufgeraut sind, dass die Nägel problemlos in sie eindringen können.

Charakteristisch für die meisten Nagelschuhe ist weiter, dass sie sehr eng am Fuss anliegen und so unzuweckmässiges Herumrutschen des Fusses im Schuh vermeiden. Das erschwert es zwar, ein passendes Modell zu finden, aber daran leidet die Branche grundsätzlich nicht, denn Spezialanfertigungen sind im Spitzensport keine Seltenheit und der Hobbyathlet gibt sich auch mit einem Modell zufrieden, das nicht ganz exakt zu seinem Fuss passt.

Weiter sind Spikes kaum gepolstert, was sie federleicht macht und kaum Wasser aufsaugen lässt. Dass es aber derart viel regnet, dass das geringere Speichervolumen einen Effekt hätte ist enorm selten, so dass sich faktisch nur Steepleläufer nach dem Wassergraben über das verringerte Fassungsvermögen freuen können. Kurz zusammengefasst sind die grössten Unterschiede gegenüber dem Joggingsschuh, dass sich Spikes mehr wie eine Erweiterung des Fusses als wie ein angeschnürtes Anhängsel anfühlen, an deren Unterseite Nägel herausragen.

Als Folge dessen verändert sich auch der Kontakt zwischen Boden und Schuh. Während die Sohle eines normalen Laufschuhs eben ist und der Bodenkontakt direkt zwischen zwei Flächen stattfindet, bilden die untersten Punkte des Nagelschuhs keinesfalls eine durchgehende Ebene. Die Spitzen der bis zu 11 Nägel bilden mit einer Nagellänge von maximal 9 mm die untersten Punkte des Schuhs noch unter der Sohle (IAAF, 2019). Mit dieser sehr kleinen Gesamtfläche wird bei grosser Gewichtskraft der Auflagedruck auf die Nagelspitzen zu gross, so dass diese in den weichen, rauen Tartan eingedrückt werden und schlussendlich trotzdem ein Kontakt zwischen Schuhsohle und Boden stattfindet. Dieser ganze Vorgang des Auftretens geschieht so schnell, dass sich das Ganze in der Höhe schlussendlich doch wie ein normaler Laufschuh verhält. Zusätzlich befinden sich parallel zur Kontaktzeit die Nägel im Boden, die den Nagelschuh in der waagrechten Ebene vom Laufschuh differenzieren. Somit bilden diese eine Möglichkeit für die Kraftübertragung von Fuss auf Boden respektive von Boden auf Fuss und damit auf den ganzen Körper.

Bei Schuhen ohne Nägel basieren alle für die Beschleunigung und die Erhaltung der Geschwindigkeit benötigten Kräfte auf den Reibungskräften zwischen Sohle und Bodenbelag. Die Reibungskraft ist abhängig von der wirkenden Normalkraft und einer Materialkonstante, die allerdings bei Nagelschuh und Laufschuh aufgrund der identischen verwendeten Materialien gleichbleibt.

Da bei der gängigen Sprinttechnik der Fuss möglichst weit vorne aufgesetzt wird, um viel Distanz mit einem Schritt wettzumachen (Richtiges Ziehen statt schnelles Abstossen, 1995), weshalb die Normalkraft aufgrund der Abweichung von der Senkrechten kleiner wird, wird damit auch die Reibungskraft vermindert. Das Problem liegt darin, dass folglich bei weit vor dem Schwerpunkt aufgesetztem Fuss die maximale Haftreibungskraft sehr klein wird und ein schnelles Nachziehen des Körpers ein Rutschen des Fusses zur Folge haben kann.

Um ein Rutschen zu vermeiden, darf also die ziehende Kraft die Haftreibungskraft nicht überschreiten. Offensichtlich mündet dies in ein Optimierungsproblem. Je weiter vorne der Fuss aufgesetzt wird, desto weniger Schritte werden für die gesamte Strecke benötigt, aber desto kleiner ist die mögliche Beschleunigung, ohne dass der Fuss auf der Bahn zu rutschen beginnt.

Hier bringt der Nagelschuh Abhilfe. Dadurch, dass die Nägel auch sehr weit vorne noch problemlos in den Boden eindringen, kann eine sehr viel grössere Kraft zwischen Boden und Schuh wirken, als es die maximale Haftreibungskraft der Sohle auf Tartan zulassen würde. Ein schnelleres Nachziehen des Restes des Körpers über den vorangestellten Fuss wird möglich. Wird die Sprinttechnik richtig ausgeführt, sollte also auch die Durchschnittsgeschwindigkeit eines Läufers beim Tragen von Nagelschuhen einen Unterschied zu der Durchschnittsgeschwindigkeit eines Laufs mit Laufschuhen aufzeigen.

4. Vorgehen, Methoden, Versuchsaufbau

Um Unterschiede in der Effektivität der beiden Schuharten festzustellen wurden Testläufe von Hobbyleichtathleten und Hobbyleichtathletinnen durchgeführt. Diese absolvieren zwischen 1-3 Mal pro Woche ein Training und üben sich dabei vor allem in Technik. Auf die Frage «Welche Leichtathletikdisziplin trainierst du?» würden alle «Mehrkampf» antworten.

Pro Messergebnis wurde zwei Mal aufeinanderfolgend gesprintet, wodurch die Messresultate der Sprints mit und ohne Nagelschuhe paarweise gekoppelt sind, es wird nachfolgend auch von korrespondierenden Läufen oder Komplementen gesprochen. Als Folge der paarweisen Messung relativieren sich unregelmässig auftretende Effekte wie beispielsweise eine nasse Bahn, die an bestimmten Tagen einen Effekt haben, während sie an anderen Tagen den Lauf nicht beeinflussen.

Zwischen den zwei Läufen einer Messung legte der Sprinter oder die Sprinterin eine Pause ein, um sonst auftretende Ermüdungseffekte während des zweiten Sprints möglichst zu vermeiden. Diese Pause setzt sich nach einer Faustregel zusammen, die rät, pro zehn Meter, die gelaufen werden, solle eine Minute Pause eingelegt werden. (Ralph Hunziker, 2007) Für diese Messung wurden jeweils 200 Meter gesprintet, um für ein gutes Verhältnis aus Endgeschwindigkeit und Startbeschleunigung zu sorgen. Diese Distanz ergibt eine Pause von 20 Minuten.

Um weiteren möglichen Effekten wie der Veränderung der Temperatur im Laufe dieser 20 Minuten Einhalt zu gebieten, wurde einerseits an mehreren verschiedenen Tagen Messungen durchgeführt, andererseits wurde die Reihenfolge der Schuhe abgewechselt. Jeweils einer der beiden Sprints wurde mit, und einer ohne Nagelschuhe durchgeführt. Die Entscheidung, welches Schuhwerk zuerst benutzt werden sollte, musste dadurch nur für den allerersten Lauf getroffen werden, was zur Folge hat, dass die Reihenfolge aller darauffolgenden Läufe ebenfalls bereits definiert wurde.

Da die Distanz für alle Messungen gleich war, muss für die Verhältnisse der Durchschnittsgeschwindigkeit hier nur die Zeit betrachtet werden, weil bei konstanter Distanz die Durchschnittsgeschwindigkeit umgekehrt proportional zu der Zeit ist.

Die 200 Meter wurden nach den offiziellen Bahnmarkierungen auf der 400 Meter Tartanbahn ermittelt. Gestartet wurde aus dem individuell eingestellten Startblock am Anfang der Kurve an der bahnspezifischen Startlinie und gesprintet wurde bis ans Ende der ersten folgenden Geraden.

Für die Zeitmessung wurden die drei Signale «Auf die Plätze», «Fertig» und ein Knall der Startklappe als Startsignal benutzt. Dabei erhob die signalisierende Person auf «Auf die Plätze» die Startklappe mit einem gestreckten Öffnungswinkel, während die sprintende Person sich in den Startblock begab, auf «Fertig» verringerte die signalisierende Person den Winkel der Klappe auf etwa 60°, die startende Person erhob sich in Startbereitschaft und sprintete auf den Knall los. Gleichzeitig starteten unter Verwendung der Startklappe als visuelles Startsignal zwei an der Ziellinie bereitstehende Zeitnehmer manuell die Stoppuhren. Gestoppt wurden diese von Hand in dem Moment, in dem der Brustkorb des Sprinters oder der Sprinterin die Ziellinie überquerte.

Alles in allem beteiligten sich 18 Personen, jeweils 2 starteten gleichzeitig, die jede ein bis drei Ergebnisse liefern konnten, so dass schlussendlich 32 Messungen vorlagen.

5. Ergebnisse

Nachfolgend wird «Zeit», wenn alleinstehend, als Synonym für «Mittelwert der beiden Zeiten einer Messung» verwendet, und wenn nur «Differenz» benutzt wird, steht diese für die Zeit mit Laufschuhen minus die Zeit mit Nagelschuhen.

Die Verteilung der Messdaten ist sehr unterschiedlich. Die Zeiten variieren zwischen 22.4s und 36.8s, das arithmetische Mittel liegt bei 30.0s Die Differenzen variieren zwischen 6.3s und -1.5s. Das arithmetische Mittel beträgt 1.0s. Zufälligerweise liegt dieser Wert genau mit dem Median der Differenzen zusammen, der ebenfalls 1.0s beträgt.

Auffallend ist, dass 28% der Messungen, also mehr als jede vierte, eine Differenz aufweisen, die kleiner als 0s ist, also die Geschwindigkeit des Laufes mit Schuhen ohne Dornen diejenige des Laufes mit Nagelschuhen übertrifft. Im Ganzen existieren aber auch Ausreisser über dem Mittelwert. Zwei solche finden sich um Zeiten von 34s. Mit Differenzen von über 5s fallen diese deutlich aus dem Hauptstrom, in dem die meisten Werte zwischen 2s und -1s liegen.

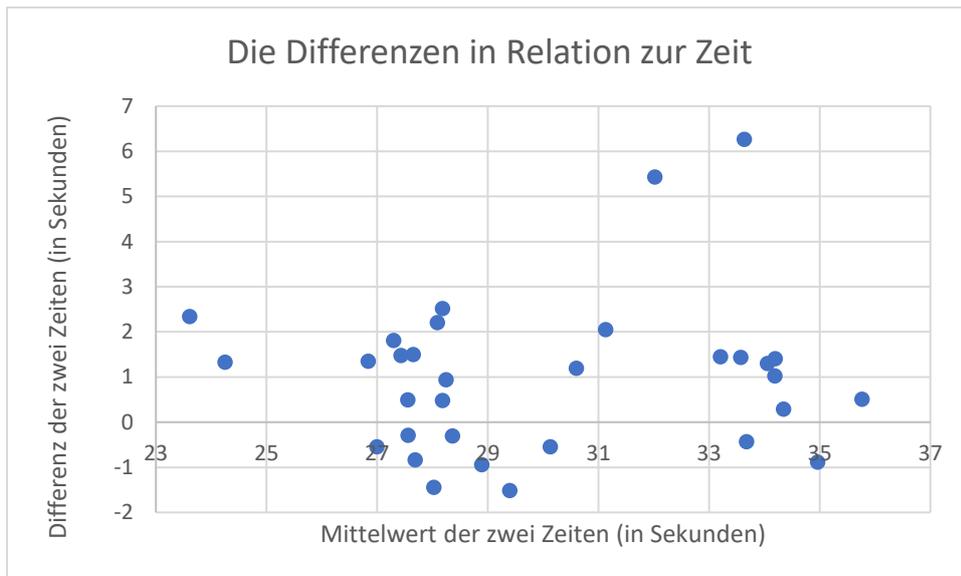


Abbildung 4: Die Differenzen in Relation zur mittleren Zeit

Auf den ersten Blick lassen sich die Zeiten und Differenzen nicht einfach in ein beschreibendes Verhältnis zueinander stellen. Allerdings haben die Werte mit längerer Zeit eine höhere Tendenz, stark zu streuen, als Werte mit kürzerer Zeit. Dies zeigen Standardabweichungen künstlich eingengerter Datenreihen. Für jeden Wert, ausser dem Ersten und dem Letzten wurde die Standardabweichung für einen Datensatz berechnet, der den vorangehenden, den eigenen und den nachfolgenden Wert umfasst. Während diese ortsbezogene Standardabweichung bei niedrigen Zeitwerten noch bei knapp 1s liegt, schiesst er bei nur um Sekunden grösseren Zeiten schon auf 4-5s hinauf und bei über 30 s erreicht er teils sogar 7s. Aber auch hier existiert eine grosse Streuung. Auch bei 34s kann die Standardabweichung noch bei einer Sekunde liegen. Zur Übersicht: die Standardabweichung des ursprünglichen Datensatzes liegt bei 1.7s.

Bei solch grossen Unterschieden in den Differenzen ist es faktisch unmöglich, im Zeit-Differenzen-Diagramm eine Regressionsgerade oder irgendeine annäherungsweise beschreibende mathematische Kurve zu legen, mit der sich möglichst alle Punkte mit minimalen Abweichungen voraussagen lassen.

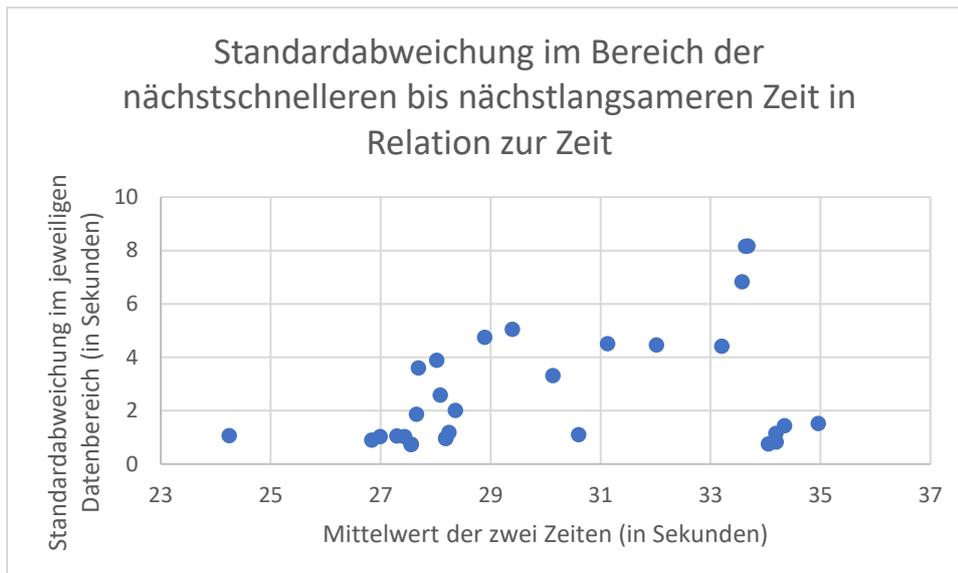


Abbildung 5: Die Standardabweichungen in den individuellen Datensätzen

6. Interpretation und Diskussion

Eine grosse Schwachstelle könnte die manuelle Messung sein. Erfahrene Personen in diesem Gebiet erreichen etwa einen Fehler von 0.1s-0.2s. Unerfahrene etwa 0.3s-0.5s. Dank der Tatsache, dass die unmittelbare Zeit vor dem Start durch den Öffnungswinkel der Startklappe sichtbar gemacht wurde und genügend Zeit für die Zeitnehmenden, sich für den Moment des Einlaufs über die Zielgerade vorzubereiten, bleibt, sind beide für die Zeitmessung massgebenden Ereignisse gut voraussehbar. Obwohl keine Profis eingesetzt wurden, kann hier deshalb von einem Messfehler von $\pm 0.2s$ ausgegangen werden (Nicklas Dietrich, 2008). In Relation zum Arithmetischen Mittel aller Zeiten gesetzt, würde dies etwa 0.7% ausmachen, was zum einen keinen grossen Effekt ausmacht. Zum anderen wurden die Zeiten der beiden korrespondierenden Läufe einer Messung von derselben Person gemessen. Falls eine Person eine Tendenz gehabt hätte, bereits kurz vor dem Start die Stoppuhr auszulösen, wäre dieser Fehler in beiden Zeiten vorhanden und würde sich so bei der anzuschauenden Differenz wieder herausstreichen. Deshalb wurden die Messdaten nicht weiter auf halbe bis ganze Sekunden gerundet.

Dass drei Viertel der Läufe mit Nagelschuhen schneller als ihre korrespondierenden Läufe ohne Nagelschuhe verliefen, lässt darauf schliessen, dass Läufer und Läuferinnen mit Nagelschuhen grundsätzlich bessere Zeiten erzielen können als ohne Nagelschuhe. Wäre dem nicht so, müsste die Summe der Differenzen theoretisch null sein. Da das Arithmetische Mittel aber grösser als Null ist, muss auch die Summe grösser als Null sein. Von der anderen Seite betrachtet, ist es aber auch möglich in die entgegengesetzte Richtung zu argumentieren: Weil nicht alle Läufe mit Nagelschuhen schneller waren als ihr Komplement, muss daraus folgen, dass Nagelschuhe den Sprintenden keinen Vorteil bieten.

Eine Erklärung dazu wäre, dass die Differenz in einer Abhängigkeit zu der Geschwindigkeit steht, die aufzeigt, dass sich Nagelschuhe erst ab Unterschreiten einer bestimmten Zeit lohnen. Dann würden die 28% der Messungen mit negativen Differenzen zu Zeiten gehören,

die diese Grenze überschreiten. Bei der auftretenden, breiten Streuung ist allerdings jegliches Aufstellen einer Funktion keine Option.

Eine andere Möglichkeit, die Verteilung der Punkte im Zeit-Differenzen-Diagramm zu erklären, ist die folgende These: Je besser eine sprintende Person ist, desto mehr nähert sich die Differenz zwischen Nagelschuh und Laufschuh einem bestimmten Wert an. Bei schlechteren Zeiten schwankt die Differenz zwischen zwei Werten. Dies würde sowohl erklären, warum Spitzenathleten Nagelschuhe tragen, nämlich weil sie trotz allem einen Vorteil erhaschen, als auch, warum hier kein eindeutiges Ergebnis gefunden werden konnte, sondern die Differenzen bei grösseren Zeiten sehr stark zwischen einer grossen Verbesserung, minimaler Differenz sogar einer Verschlechterung schwankt. Denn hier gingen nur Athleten an den Start, die sich in Kategorien zwischen «sehr Hobbymässig» und «Hobbymässig mit Wettkampfteilnahme» klassieren.

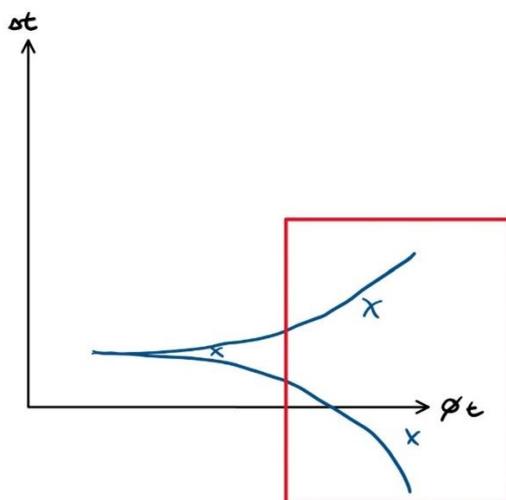


Abbildung 6: Visualisierung dieser Hypothese, Rot eingerahmt ist der hier erfasste Bereich

Eine mögliche Erklärung dieser These ist die Kontinuität im Wettkampf eines Spitzensportlers. Im Wettkampf muss die maximale Leistung beim ersten Versuch erbracht werden können, niemand hat bis jetzt mit der Phrase «Aber ich habe auch schon über 90 Meter geworfen!» den Wettkampfrichter nach einem ungültigen gesprochenen Speerwurf von seinem Entscheid abbringen können. Für Hobbysportler gilt dies nicht. Verläuft ein Sprint in einem Training nicht exakt wie gewollt, gibt der Trainer oder die Trainerin eine Rückmeldung, welche Fehler unterlaufen sind und wie sich diese vermeiden lassen. Dann bekommt man eine zweite Chance und versucht es noch einmal. Und noch ein weiteres Mal, wenn es immer noch nicht funktioniert haben sollte.

Schliesslich kann die anfängliche These nicht bestätigt werden. Bei Hobbysportlern und Hobbysportlerinnen ist die Streuung der Sprintzeiten zu gross, als dass sich eine eindeutige Verbesserung zeigt. Allerdings könnte die These neu aufgegriffen und auf Profisprinter zugeschnitten werden. Viel spricht dafür, dass professionelle Sprinter mit Nagelschuhen bessere Resultate erzielen.

7. Zusammenfassung

In dieser Arbeit sollen Vorteile von Nagelschuhen in der Disziplin Sprint gegenüber normalen Laufschuhen bei Hobbysportlern in der Leichtathletik untersucht werden. Nagelschuhe unterscheiden sich von Normalen Laufschuh hauptsächlich durch weniger Gewicht, besseren Halt des Fusses im Schuh und an der Unterseite der Sohle in Fassungen eingeschraubte Nägel, die eine Unabhängigkeit der übertragenen Kraft gegenüber der stark reduzierbaren Haftreibungskraft ermöglichen. Dadurch kann der sprintenden Person auch bei weit vorangestelltem Vorfuss, einer Häufigkeit in der gängigen Sprinttechnik, eine genügende Kraftübertragung gewährleistet werden. Um diese Effekte quantitativ zu erfassen wurden manuell gestoppte Sprints paarweise mit und ohne Nagelschuhe auf 200m, einer halben Runde einer 400 Meter Tartanbahn durchgeführt. Die Differenzen der korrelierenden Ergebnisse in einem Zeit-Differenzen-Diagramm aufgezeichnet liessen ausser einem immer leicht positiven Mittelwert kein deutlich ersichtliches Abhängigkeitsverhältnis erkennen. Allerdings gaben die Punkte eine Tendenz zu erkennen, wonach die Ergebnisse bei längeren Zeiten stärker streuen als bei kürzeren Zeiten. Das lässt die folgende These vermuten: Die Differenz zwischen der Zeit mit Nagelschuhen und der Zeit mit Laufschuhen nähert sich einem bestimmten Wert an, je kürzer die Zeit wird. Dies würde die grossen Differenzschwankungen in ein mögliches Kausalverhältnis mit der Ursprungsthese dieser Arbeit stellen.

8. Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich meine Projektarbeit selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der in den Verzeichnissen oder in den Anmerkungen genannten Quellen angefertigt habe. Die Mitwirkung von anderen Personen hat sich auf Beratung und Korrekturlesen beschränkt.

Ich nehme zur Kenntnis, dass meine Arbeit zur Überprüfung der korrekten und vollständigen Angabe der Quellen mit Hilfe einer Software (Plagiatserkennungstool) geprüft wird. Zu meinem eigenen Schutz wird die Software auch dazu verwendet, später eingereichte Arbeiten mit meiner Arbeit elektronisch zu vergleichen und damit Abschriften und eine Verletzung meines Urheberrechts zu verhindern.

Ort, Datum

Unterschrift

Uster,
10.12.2020



9. Danksagung

Zum Abschluss möchte ich allen Personen danken, die etwas zu dieser Arbeit zugesteuert haben. Zum einen danke ich allen Athleten und Athletinnen, die einen Teil ihrer Freizeit und Trainings für Messungen in diese Arbeit investiert haben, sowie meinen Trainern für die Erlaubnis, während mehreren Trainings Messungen durchführen zu dürfen, zum anderen danke ich auch allen Personen, die mir Rückmeldungen zu dieser Arbeit gegeben haben, sowie meinen beiden Betreuern J. Steiner & S. Suter, die mir bei Fragen immer weitergeholfen haben und mir wertvolle Ratschläge gegeben haben.

10. Quellenverzeichnis

IAAF (DLV, Ö. F. (31. 3 2019). *internationales Wettkampfbreglement*. Abgerufen am 17. 9 2020 von https://www.swiss-athletics.ch/wp-content/uploads/IWR_2018-1.pdf

Nicklas Dietrich, C. R. (2008). *20m-Sprint (Lichtschranke vs. Handstoppung)*.

Ralph Hunziker, A. W. (02 2007). Grundlagen richtig lernen. (B. & SVSS, Hrsg.) *mobilePraxis 28, Schnelligkeit*, S. 5. Abgerufen am 22. 10 2020 von https://www.mobilesport.ch/assets/lbwp-cdn/mobilesport/files/2013/09/praxis_2007_28_d.pdf

Richtiges Ziehen statt schnelles Abstossen. (1995). In R. K. Ulrich Jonathan, *Leichtathletik 1* (S. 67-68). Abgerufen am 24. 9 2020

srfSport. (30. 8 2018). *srf.ch*. Abgerufen am 17. 9 2020 von <https://www.srf.ch/sport/leichtathletik/die-highlights-in-zuerich-kipruto-siegt-mit-einem-schuh-hofmann-wirft-ueber-90-meter>

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein Paar Nagelschuhe auf Tartanfläche	0
Abbildung 2: Nagelschuhe (Links) zusammen mit Laufschuhen	2
Abbildung 3: Ein Nagelschuh mit drei herausgeschraubten Dornen	2
Abbildung 4: Die Differenzen in Relation zur mittleren Zeit	6
Abbildung 5: Die Standardabweichungen in den individuellen Datensätzen	7
Abbildung 6: Visualisierung dieser Hypothese, Rot eingerahmt ist der hier erfasste Bereich ..	8

Alle Abbildungen erstellt von Lasse Räuftlin

12. Anhang

Gemessene Rohdaten:

t(ohne Nägel)	t(mit Nägeln)
24.78	22.44
24.91	23.58
27.51	26.16
26.72	27.26
28.2	26.39
28.17	26.69
27.8	27.3
27.41	27.7
28.4	26.9
27.27	28.1
27.3	28.74
29.19	26.98
28.42	27.94
29.44	26.92
28.71	27.77
28.21	28.51
28.42	29.36
28.64	30.15
29.86	30.4
31.2	30
32.15	30.1
34.73	29.3
33.93	32.48
34.29	32.85
36.77	30.5
33.46	33.89
34.7	33.4
34.7	33.67
34.9	33.49
34.49	34.2
34.52	35.4
36.02	35.51